

【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧覚・触覚センサと、この圧覚・触覚センサからの出力信号を処理する信号処理手段と、この信号処理手段によって処理された駆動信号によって動作する圧覚・触覚呈示デバイスとからなる圧覚・触覚伝達装置において、

上記信号処理手段は、上記駆動信号を生成するための駆動信号生成関数を収納し、上記圧覚・触覚センサからの出力信号及び上記駆動信号生成関数に基づいて、上記駆動信号を生成する変換手段を具備することを特徴とする圧覚・触覚伝達装置。

【請求項2】 圧覚・触覚センサと、この圧覚・触覚センサからの出力信号を処理する信号処理手段と、この信号処理手段によって処理された駆動信号によって動作する圧覚・触覚呈示デバイスとからなる圧覚・触覚伝達装置において、

上記信号処理手段は、基準刺激として周波数及び振幅を上記圧覚・触覚呈示デバイスに発生させる基準信号発生ステップと、

この基準信号発生ステップによる上記基準刺激に対して上記圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の応答を入力する知覚応答入力ステップと、

上記基準信号発生ステップと知覚応答入力ステップとによって得られる上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態を格納する初期設定ステップと、

この初期設定ステップにより格納された上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態に応じて、発生する刺激の強度を自動的に設定する発生刺激自動設定ステップと、

を具備することを特徴とする圧覚・触覚伝達方法。

【請求項3】 圧覚・触覚センサと、この圧覚・触覚センサからの出力信号を処理する信号処理手段と、この信号処理手段によって処理された駆動信号によって動作する圧覚・触覚呈示デバイスとからなる圧覚・触覚伝達装置において、

上記信号処理手段は、基準刺激として周波数及び振幅を上記圧覚・触覚呈示デバイスに発生させる基準信号発生ステップと、

この基準信号発生ステップによる上記基準刺激に対して上記圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の応答を入力する知覚応答入力ステップと、

上記基準信号発生ステップと知覚応答入力ステップとによって得られる上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態を格納する初期設定ステップと、

この初期設定ステップにより格納された上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態に応じて、上記被呈示者が同一の知覚の強さを呈する振動の周波数と振幅の組み合わせに相当する等感度曲線を導出し、この等感度曲線に基づいた上記駆動信号生成関数を作成する演算ステップと、

を具備することを特徴とする圧覚・触覚伝達方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、対象物との接触情報を検出するセンサの出力信号を利用して、人間の触覚器官にその接触情報を代替的に表現して伝達するための圧覚または触覚（以下、圧覚・触覚）の伝達装置及びその圧覚・触覚伝達方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】圧覚・触覚伝達装置を備えたマニピュレータは、直接触れることができない微細な対象物や極限環境にて作業を行う場合に使用される装置であって、操作者が操作を行う操作部と、それによってマニピュレータ等が対象物に対して直接作業を行う動作部の2つの部分に大きく分類される。上記動作部として、対象物を間接的に取り扱う操作装置には、例えば以下のようなものが存在する。

【0003】図8は顕微鏡に設置して用いられるマイクロマニピュレータを示す図で、図8(a)はその全体を示す図であり、図8(b)は作業部分の拡大図である。この顕微鏡は、受精卵等の微細な細胞をピペットによって吸引し固定しておき、刺針によって細胞内に試薬を注入したり、異なる遺伝情報を持った遺伝子を注入する等の作業を行うものである（「計測と制御」；Vol. 23, No. 9, P32～38, 「細胞微細操作」：鹿野、参照）。

【0004】図8を参照して詳細に説明すると、この顕微鏡の顕微鏡本体110aには、細胞110bを固定するピペット110cと、この細胞110bに対して作業を行う刺針110dとが操作可能に取り付けられている。さらに顕微鏡本体110aには、上記ピペット110c、及び刺針110dをそれぞれ手で操作するためのジョイスティック110e、110fが取り付けられている。

【0005】そして、操作者は細胞110bを顕微鏡で観察しながら、ピペット110c及び刺針110dをジョイスティック110e、110fにて操作して、上記細胞110bの把持や切断、また上記細胞110bへの遺伝子注入等の作業を行う。

【0006】このような作業、すなわち細胞や生体高分子等への操作は細胞操作技術として、近代のバイオテクノロジーの研究にはなくてはならない支援技術といえる。また、図9はロボットのマニピュレータシステムを示す図である。

【0007】このロボットのマニピュレータシステムは、センサを備えた複数の関節120aと処置部120bを有するスレイブアーム120cと、このスレイブアーム120cの構成に対応して、センサを備えた複数の関節120dと処置部120eを有するマスタアーム120fと、このマスタアーム120fと操作者の腕の動

作自由度の整合を取るためマスタアーム120fに操作者の腕を固定するよう設けられた固定部材120gと、そしてマスタアーム120fの動作とスレイブアーム120cの動作が同じになるよう処置を行う信号処理回路を含む制御系120hとから構成されている。(機械技術研究所報; Vol. 46 (1992), No. 2, P170~182, 「インピーダンス制御型マスタ・スレイブ・システム-基本原理と伝送遅れへの応用」: 館、榊、参照)

上述のように構成されたロボットのマニピュレータシステムでは、操作者がマスタアーム120fに腕を固定し、任意に操作することによりその動作状態がセンサの情報を制御し、対応するスレイブアーム120cを駆動する。そして、操作者の動作をマスタアーム120fを介してスレイブアーム120cで再現し、また、スレイブアーム120cが受ける外力をマスタアーム120fを介して操作者が直接力として受ける。

【0008】このような一連のマニピュレータシステムは、ロボットのマニピュレータシステムを始めとして、現在数多くの製品に用いられている。図10は医療用の処置具である把持鉗子を示す図で、図10(a)はその全体を示す図であり、図10(b)はその先端部を拡大した図である。

【0009】この把持鉗子は、トラカール等を介して体腔内に挿入される挿入部130aと、この挿入部130aの先端に設けられた鉗子部130bと、挿入部130aの基端部に設けられた操作部130cとから構成されている。

【0010】上記鉗子部130bは回動自在に支持された一対の鉗子部材130d、130eを有し、また、上記操作部130cは鉗子部材130d、130eを開閉操作するための挿入部130aの基端部に固定された固定操作ハンドル130fと、回動自在に取り付けられた可動操作ハンドル130gとで形成されている。

【0011】そして、可動操作ハンドル130gを回動操作することにより、不図示の挿入部130a内部の操作軸が前後方向にスライドし、不図示のリンク機構を介して鉗子部材130d、130eが開閉するように駆動される。

【0012】ところで、上述したような従来の装置においては、以下のような問題点が存在する。まず、図8に示した顕微鏡において、動作部が細胞等の試料に正確に接触しているか否かの情報は、動作部の動作は3次元であるにもかかわらず、顕微鏡の観察画像は2次元で奥行き方向の情報は像のピント情報でしか得られない。このために、観察画像からでは動作部がどのような状況で対象物に接触しているか等の判断には相当な技術が要求され、熟練者しか使用できないというような問題点が現実に存在している。

【0013】さらに、医療やバイオ分野等の研究対象は

細胞から細胞内物質へと、より微細なものへと変化してきている。これにより対象物の観察及び操作部位はますます微小化する傾向にあり、これに伴ってマニピュレータの操作も、より高度で正確な操作が要求されるようになってきた。

【0014】また、図9に示したロボットのマニピュレータシステムに関しては、対象物の把持時に抵抗感が増加することにより、把持を認識するものであり、対象物の硬さ、柔らかさ等の情報を主体として表現するといったような、通常の間人が物体を把持する場合に得る状況を再現しようとするものではない。このため、対象物の搬送等のおおまかな動作時にはこの程度の感覚表示で十分であるが、精密で微細な動作や判断が要求されるマイクロマニピュレータ等において、抵抗感の表示による操作性向上や、把持対象物の硬さ、柔らかさ等の情報の正確な認識を望むには不十分である。

【0015】さらに、図10に示した把持鉗子に関しても、その機構上微妙な操作感が得られないため、熟練した操作者であっても、腹腔鏡の観察像を見ながら鉗子部130bの開度と細胞組織等の把持、剥離状況を確認するという非常に慎重で正確な操作が要求され、手術等に誰にでも使用できるものではないのが現状である。

【0016】また、鉗子だけでなく体腔内に挿入して観察、治療を行う内視鏡の操作においても、上記把持鉗子の操作と似たような問題点があると考えられる。すなわち、図11に示すような内視鏡140においては、現在、先端部から観察される画像情報と挿入抵抗のみを頼りに挿入操作を行っているため、内視鏡140の外壁が患者の器官内壁142を圧迫して生じる苦痛を予測しながら内視鏡140を操作、挿入することは現状では困難である。

【0017】また、現状の内視鏡の装置構成では、操作情報としてどの程度の圧迫を与えると患者は苦痛を感じるのかという圧迫のレベルと、患者の感じる苦痛との相関関係を操作者が入手することは不可能である。

【0018】このように、上述のような従来の装置では、操作時に動作部のマニピュレータが対象物、例えば細胞組織等にどのような状況で接触しているのか、あるいは、対象物をどれくらいの力量で把持しているのかというような、接触もしくは把持状態を認識すること、及び対象物の表面粗さや表面温度等の各種の接触情報を得ることはできなかった。

【0019】すなわち、従来の装置においては、対象物に対する触覚情報や把持状態、対象物の表面粗さや表面温度等の各種の触覚情報を操作者にフィードバックすることは行われておらず、そのため、人間の触覚に基づくような微妙でかつ正確な操作を行うことは不可能であった。

【0020】このような状況に鑑みて上記問題点を解決するため、本出願人は、特願平5-7196号により

以下に示すような提案を行った。これは、操作者が自分の手によってあたかも実際に対象物を操作しているような感覚を、操作者に触覚として伝達することにより、現状で問題となっている操作において、実際の操作との疎外感をなくして装置の機能向上と、より正確で操作性の良い装置を提供することを目的とした触覚伝達装置（触覚呈示装置）に関するものであり、そのシステムと、特に触覚伝達部（触覚呈示部）、ユニット構造について提案している。

【0021】この触覚伝達装置は、図12に示すような台座150a、コイル150b、磁石150c、ストップ150d、触覚伝達部150eから構成された電気-機械変換トランスデューサである。そして、この電気-機械変換トランスデューサは、コイル150bと磁石150cで構成されたボイスコイルにて触覚伝達部150eを駆動させ、触覚伝達部150e上に置いた操作者の指先に、対象物の操作状況を振動を用いた疑似触覚として、伝達（または呈示）することを可能にした。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】上記特願平5-7196号にて提案した触覚伝達装置によって、対象物との接触状況を把握するための装置は実現される。しかし、対象物との接触状況の変化に対して、その変化に基づいて装置をどのように駆動し、触覚状況の変化を的確に表現するかという課題を有していた。

【0023】そこで本発明は、対象物との接触状況を検出する圧覚・触覚センサの出力信号の変化を、人間の知覚変化に合った形の刺激の変化として出力することができる圧覚・触覚伝達装置及び圧覚・触覚伝達方法を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の圧覚・触覚伝達装置は、圧覚・触覚センサと、この圧覚・触覚センサからの出力信号を処理する信号処理手段と、この信号処理手段によって処理された駆動信号によって動作する圧覚・触覚呈示デバイスとからなる圧覚・触覚伝達装置であって、上記信号処理手段は、上記駆動信号を生成するための駆動信号生成関数を収納し、上記圧覚・触覚センサからの出力信号及び上記駆動信号生成関数に基づいて、上記駆動信号を生成する

変換手段を具備することを特徴とする。

【0025】また、本発明の圧覚・触覚伝達方法は、圧覚・触覚センサと、この圧覚・触覚センサからの出力信号を処理する信号処理手段と、この信号処理手段によって処理された駆動信号によって動作する圧覚・触覚呈示デバイスとからなる圧覚・触覚伝達装置において、上記信号処理手段は、基準刺激として周波数及び振幅を上記圧覚・触覚呈示デバイスに発生させる基準信号発生ステップと、この基準信号発生ステップによる上記基準刺激に対して上記圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の応答

を入力する知覚応答入力ステップと、上記基準信号発生ステップと知覚応答入力ステップとによって得られる上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態を格納する初期設定ステップと、この初期設定ステップにより格納された上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態に応じて、発生する刺激の強度を自動的に設定する発生刺激自動設定ステップとを具備することを特徴とする。

【0026】

【作用】本発明の圧覚・触覚伝達装置においては、圧覚・触覚センサからの出力信号が信号処理手段に収納された駆動信号生成関数に基づいて、変換手段により駆動信号として生成される。そして、上記駆動信号により圧覚・触覚呈示デバイスが駆動される。

【0027】また、本発明の圧覚・触覚伝達方法においては、基準信号発生ステップにより基準刺激を圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者に発生し、知覚応答入力ステップによりその際の被呈示者からの刺激知覚の回答が入力される。これら上記基準信号発生ステップと知覚応答入力ステップとから、初期設定ステップにより基準刺激としての周波数及び振幅と知覚との関係（周波数・振幅-知覚データ）が格納される。そして、発生刺激自動設定ステップにより、圧覚・触覚呈示デバイスを駆動する際に発生する刺激の強度が自動的に設定される。

【0028】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図1は、本発明に係る実施例の圧覚・触覚伝達装置の構成を示す図である。同図において、入出力信号の処理と各部の制御を行うコンピュータ1には、対象物との圧覚・触覚状況から各種の接触情報を検出する圧覚・触覚センサ2と、検出した接触情報を出力するモニタ3と、この圧覚・触覚伝達装置を操作するためのキーボード4と、交流電源5とが接続され、さらに、この交流電源5には対象物の操作状況を疑似触覚として伝達する圧覚・触覚呈示デバイス6が接続される。

【0029】ここで、交流電源5を用いているのは、圧覚・触覚センサ2及び圧覚・触覚呈示デバイス6の一例として、圧覚・触覚センサ2には圧電体を用いて、この圧電体から交流の周波数情報あるいは電圧情報のどちらか一方、または両者を出力し、圧覚・触覚呈示デバイス6にはボイスコイルを用いて交流の周波数及び電圧で駆動するものだからである。

【0030】図2は、実施例の圧覚・触覚伝達装置の機能展開図である。この圧覚・触覚伝達装置は、上記圧覚・触覚センサ2と、この圧覚・触覚センサ2からの出力信号を受け取り信号処理を行う信号処理部10と、この信号処理部10からの駆動信号を受けて動作する圧覚・触覚呈示デバイス6とから構成される。

【0031】信号処理部10の内部構成は図に示す通り、初期設定部20、発生刺激自動設定部30、周波数

発生部40、振幅発生部50、保護部60から構成される。さらに、上記初期設定部20は、知覚応答入力部22と、基準信号発生部24とで構成され、また発生刺激自動設定部30は、演算部32と、パラメータ任意設定部34、オフセット部36とから構成される。

【0032】以下にフローチャートを用いて、圧覚・触覚伝達方法としての信号処理部10での処理内容について詳細に説明する。図3は、初期設定部20での処理内容を示すフローチャートである。

【0033】この圧覚・触覚伝達装置の動作がスタートすると、初期設定部20は、まず、予め設定されている周波数と振幅の組み合わせの中から1つの組み合わせ決定する(ステップS1)。続いて、基準信号発生部24から基準信号を出力し、圧覚・触覚呈示デバイス6を駆動する(ステップS2)。

【0034】次に、圧覚・触覚呈示デバイス6の被呈示者は、この刺激を知覚できたか否かを、キーボード4より知覚応答入力部22へキー入力する(ステップS3)。ここで、知覚できない旨の入力がされたときはステップS1へ戻り、一方、知覚できた旨の入力がされたときは、刺激周波数と振幅の組み合わせが配列(周波数・振幅-知覚データ)に入力される(ステップS4)。

【0035】次に、初期設定部20は、別の周波数及び振幅の組み合わせで上記ステップS1～S4の処理を行うか否かを判定する(ステップS5)。ここで、別の周波数及び振幅の組み合わせで行うときはステップS1へ戻り、行わないときは上記配列の周波数・振幅-知覚データをFile Aに格納し(ステップS6)、本処理を終了する。

【0036】すなわち、この処理は、予め設定されたいくつかの周波数及び振幅の組み合わせの信号について、全て終了するまで繰り返し行われ(ステップS1～S5)、上記配列の周波数・振幅-知覚データをFile Aに格納する(ステップS6)ものである。

【0037】この処理は、動作スタート時、あるいは、圧覚・触覚の被呈示者が変更されたときだけ必要なものであり、繰り返し行う必要はない。また、上記配列の周波数・振幅-知覚データは、File Aに格納されたデータが変更、あるいは、破壊されるまで有効である。

【0038】次に、図2に示した発生刺激自動設定部30での処理に移行する。図4は、発生刺激自動設定部30での処理内容を示すフローチャートである。まず、発生刺激自動設定部30は、圧覚・触覚呈示の手法についての入力を要求する(ステップS11)。この圧覚・触覚伝達装置では、操作状況の表現として疑似的圧覚・触覚を振動を用いて表現する。そこで、その呈示方式として「周波数が固定で振幅が操作状況(圧覚・触覚センサ2の出力)によって変化する」呈示方式と、「周波数及び振幅が操作状況(圧覚・触覚センサ2の出力)によって変化する」呈示方式の2つの方式の選択が可能であ

る。ここで、被呈示者によりその選択が行われ(ステップS12)、それぞれの呈示方式によって別々の処理に移行する。

【0039】まず、周波数固定で振幅のみを変化させる呈示方式が選択された場合は、初めに疑似的圧覚・触覚表現に使用する周波数を入力する(ステップS13)。この周波数は人間の知覚の性質から40～200Hz程度に設定するのが有効である。

【0040】続いて、演算部32において、上述の初期設定部20での処理においてFile Aに格納された周波数・振幅-知覚データに基づいて刺激-知覚変換関数、例えば、ステューブンスのべき関数に当てはめて駆動信号生成関数を作成し(ステップS14)、同時に圧覚・触覚呈示デバイス6を駆動する際の駆動信号の原点を設定する。

【0041】なお、刺激-知覚変換関数とは、刺激とその刺激から人間が感ずる知覚レベルの変化について生理学、あるいは心理物理的に導かれたもので、刺激の強さと知覚の強さとの関係を示した関数である。現状では、ステューブンスが発見したべき関数が最も良く近似すると考えられている。

【0042】ステューブンスによれば、刺激の強さPと知覚の大きさSとの間には、 $S = k P^n$ なる法則が成立する。ここで、kは触覚呈示部位、nは装着者の個人的感度によって決定するパラメータである。したがって、このべき関数を用いて刺激の変化を表現することによって、非常に効果的に状態の違い(刺激の違い)を伝達、あるいは認識させることが可能である。

【0043】また、ここで圧覚・触覚呈示デバイス6を駆動する際の駆動信号の原点を設定する理由は、以下の通りである。人間はある強度の刺激に対して、知覚をするわけであるが、刺激の強度が小さい場合は、実際に刺激があっても、その存在を認識できない。この最低限必要な刺激の大きさを「閾値」と呼ぶが、本圧覚・触覚伝達装置の場合は必ず知覚を誘発することが目的であり、常に「閾値」以上の強度の信号を用いる必要がある。

【0044】本圧覚・触覚伝達装置の場合、操作状況を検出するのは圧覚・触覚センサ2であるが、対象物との接触がない場合はその出力は0であり、このときの圧覚・触覚呈示デバイス6からの刺激の伝達は0でなければならない。ところで、上述したようにこのときに圧覚・触覚呈示デバイス6の駆動信号が閾値以下の駆動信号であれば、実質的に知覚できないので刺激は0となり、圧覚・触覚呈示デバイス6を駆動していても差し支えないことになる。

【0045】逆に、圧覚・触覚呈示デバイス6の駆動信号が0の状態から、圧覚・触覚センサ2の出力に対応して駆動信号を上昇させていくことは、圧覚・触覚センサ2からの突入的な信号の出力があった場合には、急峻に圧覚・触覚呈示デバイス6の駆動信号を発生させねばな

らず、圧覚・触覚呈示デバイス6のアクチュエータのオーバーシュート成分が大きくなり、正確な刺激伝達（表現）ができない可能性がある。

【0046】そこで、この処理によって最適な原点（この場合は、圧覚・触覚センサ2の出力が0の場合の圧覚・触覚呈示デバイス6の駆動信号強度）を求め、そこを原点として、圧覚・触覚センサ2からの信号の変化を刺激-知覚変換関数に当てはめて圧覚・触覚呈示デバイス6を駆動できるような、駆動信号生成関数を設定する。

【0047】そして、発生刺激自動設定部30は、決定された駆動信号生成関数のデータをFile Bに格納する。一方、上記ステップS12にて、周波数及び振幅の両方を変化させる呈示方式が選択された場合は、演算部32により、上述の初期設定部20での処理にてFile Aに格納された周波数・振幅-知覚データに基づいた知覚の等感度曲線を用いて駆動信号生成関数が作成される。この処理系では、操作状況が圧覚・触覚呈示デバイス6の振動の周波数と振幅の両方を変化させて表現される。

【0048】なお、同一の振幅を有する振動でも周波数が変化すると知覚の強さは変化するものであり、上記等感度曲線とは同一の知覚の強さを呈する振動の周波数と振幅の組み合わせを、周波数と振幅のそれぞれを軸にとりてグラフに描いた曲線をいう。等感度曲線の一例を図5に示す。図5では、横軸に刺激周波数を、縦軸に変位（振幅）をとっている。

【0049】人間は、刺激の強度を知覚する際に、例えば、振動の周波数が異なってもそれぞれの振幅を最適に選ぶことによって、同一の刺激強度を認識することが知られている。この関係を表したものが等感度曲線であるが、本圧覚・触覚伝達装置では、圧覚・触覚センサ2の出力変化を圧覚・触覚呈示デバイス6からの刺激の変化として確実に表す必要がある。そこで、周波数と振幅の両方をパラメータとする場合には、圧覚・触覚センサ2の出力の増加分に対応した知覚強度を実現するために、単に2つのパラメータを変化させるのではなく、この等感度曲線に基づいて2つのパラメータを変化させなければならない。

【0050】ここでは、発生刺激自動設定部30は、各知覚強度別に計算された等感度曲線と、触覚呈示に利用する周波数軸との交点を結んで得られる駆動信号生成関数を作成する（ステップS16）。そして、この駆動信号生成関数をFile Cに格納し（ステップS17）、本処理を終了する。

【0051】図6は、信号処理部10での処理内容を示すフローチャートである。図4に示した発生刺激自動設定部30での処理において、選択された圧覚・触覚呈示方式が周波数固定の呈示方式か否かを判定する（ステップS21）。ここで、周波数固定の呈示方式である場合はステップS22へ移行し、一方、周波数及び振幅の両

方を変化させる呈示方式である場合はステップS23へ移行する。

【0052】上記ステップS22では、圧覚・触覚センサ2の出力信号に応じて、File Bの駆動信号生成関数に基づき、圧覚・触覚呈示デバイス6の駆動信号を生成する。上記ステップS23では、圧覚・触覚センサ2の出力信号に応じて、File Cの駆動信号生成関数に基づき、実際の圧覚・触覚呈示デバイス6の駆動信号を生成する。

【0053】その後、信号処理部10はこの駆動信号の周波数及び振幅を周波数発生部40、及び振幅発生部50に入力し、これら周波数発生部40及び振幅発生部50からの出力により、実際に圧覚・触覚呈示デバイス6を駆動し、圧覚・触覚を疑似的に表現する。

【0054】この際、圧覚・触覚センサ2の出力結果より求められた駆動信号の周波数及び振幅が、圧覚・触覚呈示デバイス6への最大入力値を越えたか否か、すなわち、許容入力値を越えたか否かを判定する（ステップS25）。ここで、許容入力値を越えた場合は、保護部60により許容入力値まで出力を落とし（ステップS26）、許容入力値を越えない場合はそのまま圧覚・触覚呈示デバイス6へ出力する（ステップS27）。この許容入力値まで出力を落とす処理は、圧覚・触覚呈示デバイス6の破壊を未然に防止するための処理である。

【0055】なお、上記ステップS27では、圧覚・触覚呈示デバイス6へ出力したが、圧覚・触覚呈示デバイス6用とは別に、音声または視覚的なデータの表現が可能のように、そのための出力用の端子を有し、それらの端子に出力してもかまわない。

【0056】図7は、図4に示した発生刺激自動設定部30での処理におけるステップS15、S17にてそれぞれFile B、Cに保存された各駆動信号生成関数のパラメータ変更の処理を示すフローチャートである。

【0057】実際に圧覚・触覚呈示を行ってみると、圧覚・触覚呈示デバイス6の被呈示者の好みや、あるいは操作の状態によっては、必ずしも自動設定された駆動信号生成関数による刺激の生成度合いが最良とは限らない。

【0058】そこで、選択された圧覚・触覚呈示方式が周波数固定の呈示方式か否かを判定する（ステップS31）。ここで、周波数固定の呈示方式である場合はステップS32へ移行し、一方、周波数及び振幅の両方を変化させる呈示方式である場合はステップS33へ移行する。

【0059】上記ステップS32では、File Bに格納された駆動信号生成関数のパラメータの変更を行い、上記ステップS33ではFile Cに格納された駆動信号生成関数のパラメータの変更を行って本処理を終了する。これにより、より細かな被呈示者のニーズに合わせてこむことが可能になる。

【0060】以上実施例に基づいて、本発明を説明したが、本発明は上述した実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形や応用が可能である。ここで、本発明の要旨をまとめると以下のようになる。

【0061】(1) 圧覚・触覚センサと、この圧覚・触覚センサからの出力信号を処理する信号処理手段と、この信号処理手段によって処理された駆動信号によって動作する圧覚・触覚呈示デバイスとからなる圧覚・触覚伝達装置において、上記信号処理手段は、上記駆動信号を生成するための駆動信号生成関数を収納し、上記圧覚・触覚センサからの出力信号及び上記駆動信号生成関数に基づいて、上記駆動信号を生成する変換手段を具備することを特徴とする圧覚・触覚伝達装置。

【0062】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、圧覚・触覚センサからの出力信号を駆動信号生成関数に基づいて変換し、この変換した信号を圧覚・触覚呈示デバイスの駆動信号とする。

【0063】これにより、対象物との接触状況の変化を、より人間の知覚に合致した変化として表すことができる。

(2) 上記信号処理手段は、基準刺激として周波数及び振幅を上記圧覚・触覚呈示デバイスに発生させる基準信号発生手段と、この基準信号発生手段による上記基準刺激に対して上記圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の応答を入力する知覚応答入力手段と、上記基準信号発生手段と知覚応答入力手段とによって得られる上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態を格納する初期設定手段とを具備することを特徴とする上記(1)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0064】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、上記基準信号発生手段により基準刺激を圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者に発生し、その際の被呈示者からの刺激知覚の回答を上記知覚応答入力手段に入力する。これら上記基準信号発生手段と知覚応答入力手段とから、基準刺激としての周波数及び振幅と知覚との関係(周波数・振幅-知覚データ)を知覚応答入力手段に格納する。

【0065】これにより、初期設定時に基準刺激を発生させ、その知覚の有無によって、振動知覚における個人的なばらつきを補正することができるため、圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の知覚特性にあった刺激呈示を行うことが可能となる。

【0066】(3) 上記信号処理手段は、上記初期設定手段により格納された上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態に応じて、発生する刺激の強度を自動的に設定する発生刺激自動設定手段を具備することを特徴とする上記(2)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0067】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、

発生刺激自動設定手段により圧覚・触覚呈示デバイスを駆動する際の発生刺激を設定する。これにより、上記基準信号発生手段によって、発生された刺激の知覚の認識度合から、圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の刺激知覚の個人的な差を補正し、確実に被呈示者に刺激を伝達することができる。

【0068】(4) 上記発生刺激自動設定手段は、上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態をもとに、上記被呈示者が同一の知覚の強さを呈する振動の周波数と振幅の組み合わせに相当する等感度曲線を導出し、この等感度曲線に基づいた上記駆動信号生成関数を作成する演算手段を具備することを特徴とする上記(3)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0069】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、上記圧覚・触覚センサの出力信号を、人間の振動知覚に関する等感度曲線に当てはめて、圧覚・触覚呈示デバイスの駆動周波数信号を生成する。

【0070】これにより、人間の知覚変化に基づいた最適な刺激強度変化を実現することができる。

(5) 上記信号処理手段は、上記等感度曲線による上記駆動信号生成関数において、上記圧覚・触覚呈示デバイスへの呈示周波数の帯域とその際の振幅を任意に設定できるパラメータ任意設定手段を具備することを特徴とする上記(4)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0071】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、上記圧覚・触覚呈示デバイスへの呈示周波数の帯域とその際の振幅を閾値の何倍にするかを任意に操作できる。これにより、圧覚・触覚呈示デバイスからの刺激伝達を、アプリケーションに合わせて最適化することができる。

【0072】(6) 上記発生刺激自動設定手段は、人の振動知覚に関する任意の周波数における刺激-知覚変換関数に基づいた駆動信号生成関数を作成する演算手段を具備することを特徴とする上記(3)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0073】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、上記圧覚・触覚センサの出力信号を、人の振動知覚に関する任意の周波数における刺激-知覚変換関数に当てはめて、圧覚・触覚呈示デバイスの駆動振幅信号を生成する。

【0074】これにより、人間の知覚変化に基づいた最適な刺激強度変化を実現することができる。

(7) 上記信号処理手段は、任意の周波数における上記刺激-知覚変換関数による駆動信号生成において、上記圧覚・触覚センサの出力信号の増幅度合いを任意に設定できる上記刺激-知覚変換関数のパラメータの任意設定手段を具備することを特徴とする上記(6)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0075】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、上記刺激-知覚変換関数のパラメータを任意に操作でき

る。これにより、圧覚・触覚呈示デバイスからの刺激伝達を、アプリケーションに合わせて最適化することができる。

【0076】(8) 上記信号処理手段は、上記圧覚・触覚センサの出力信号をもとに上記圧覚・触覚呈示デバイスの駆動周波数を発生する周波数発生手段を具備することを特徴とする上記(1)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0077】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、上記圧覚・触覚センサの出力より、上記圧覚・触覚呈示デバイスを駆動する周波数信号を発生する。これにより、振動による圧覚・触覚呈示において、対象物との接触状態の変化を上記圧覚・触覚呈示デバイスの振動の周波数変化として表現することができる。

【0078】(9) 上記信号処理手段は、上記圧覚・触覚センサの出力信号をもとに上記圧覚・触覚呈示デバイスの駆動振幅を発生する振幅発生手段を具備することを特徴とする上記(1)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0079】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、上記圧覚・触覚センサの出力より、上記圧覚・触覚呈示デバイスを駆動する振幅信号を生成する。これにより、振動による圧覚・触覚呈示において、対象物との接触状態の変化を上記圧覚・触覚呈示デバイスの振動の振幅変化として表現することができる。

【0080】(10) 上記信号処理手段は、上記圧覚・触覚呈示デバイス以外の音声、あるいは視覚的な情報を出力するための出力手段を具備することを特徴とする上記(1)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0081】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、上記信号処理手段での演算後の信号を圧覚・触覚伝達装置以外の装置に出力する。これにより、振動による圧覚・触覚呈示以外に駆動状態の把握、あるいは他のアプリケーション用に最適な呈示装置を選択することが可能である。

【0082】(11) 上記信号処理手段は、上記駆動信号生成関数によって生成された駆動信号が、上記圧覚・触覚呈示デバイスの駆動に関する許容値を越える場合に、自動的に上記圧覚・触覚呈示デバイスへの最大入力値まで減衰させる保護手段を具備することを特徴とする上記(1)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0083】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、自動的に上記圧覚・触覚呈示デバイスへの過大な出力を防止する。これにより、上記圧覚・触覚呈示デバイスの破壊を未然に防ぐことが可能になる。

【0084】(12) 上記信号処理手段は、上記圧覚・触覚センサの出力信号に対応して上記圧覚・触覚呈示デバイスを駆動する際の駆動信号の原点を人間の振動知覚の閾値を考慮してオフセットさせるオフセット手段を具備することを特徴とする上記(1)に記載の圧覚・触覚伝達装置。

【0085】このような圧覚・触覚伝達装置によれば、上記圧覚・触覚センサ出力信号と圧覚・触覚呈示デバイスの駆動信号の関係において、圧覚・触覚センサの出力信号がゼロの場合でも圧覚・触覚呈示デバイスには適当な駆動信号が入力される。

【0086】ここで、人間は閾値以下の刺激を感じることはなく、例えば、振動刺激について言えば同一の周波数でもその刺激強度(この場合は振幅)を減少させていくと、ある振幅以下では振動刺激を認識できなくなる。

【0087】そこで、圧覚・触覚センサの出力がゼロでも、圧覚・触覚呈示デバイスの呈示する刺激が閾値以下であれば人間は刺激を感じることはない。逆に、閾値を越えないと刺激を感じることができないため、圧覚・触覚センサの出力があった場合は、必ず閾値以上の刺激を呈示できるだけの駆動信号を圧覚・触覚呈示デバイスに入力する必要がある。したがって、本圧覚・触覚伝達装置によれば、よりの確な刺激呈示を被呈示者に行うことが可能になる。

【0088】(13) 圧覚・触覚センサと、この圧覚・触覚センサからの出力信号を処理する信号処理手段と、この信号処理手段によって処理された駆動信号によって動作する圧覚・触覚呈示デバイスとからなる圧覚・触覚伝達装置において、上記信号処理手段は、基準刺激として周波数及び振幅を上記圧覚・触覚呈示デバイスに発生させる基準信号発生ステップと、この基準信号発生ステップによる上記基準刺激に対して上記圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の応答を入力する知覚応答入力ステップと、上記基準信号発生ステップと知覚応答入力ステップとによって得られる上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態を格納する初期設定ステップと、この初期設定ステップにより格納された上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態に応じて、発生する刺激の強度を自動的に設定する発生刺激自動設定ステップとを具備することを特徴とする圧覚・触覚伝達方法。

【0089】このような圧覚・触覚伝達方法によれば、上記基準信号発生ステップにより基準刺激を圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者に発生し、上記知覚応答入力ステップによりその際の被呈示者からの刺激知覚の回答が入力される。これら上記基準信号発生ステップと知覚応答入力ステップとから、知覚応答入力ステップにより基準刺激としての周波数及び振幅と知覚との関係(周波数・振幅-知覚データ)が格納される。さらに、発生刺激自動設定ステップにより圧覚・触覚呈示デバイスを駆動する際の発生刺激が設定される。

【0090】これにより、初期設定時に基準刺激を発生させ、その知覚の有無によって、振動知覚における個人的なばらつきを補正することができるため、圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の知覚特性にあった刺激呈示を行うことが可能となる。さらに、上記基準信号発生ス

ップにより発生された刺激の知覚の認識度合から、圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の刺激知覚の個人的な差を補正し、確実に被呈示者に刺激を伝達することができる。

【0091】(14) 圧覚・触覚センサと、この圧覚・触覚センサからの出力信号を処理する信号処理手段と、この信号処理手段によって処理された駆動信号によって動作する圧覚・触覚呈示デバイスとからなる圧覚・触覚伝達装置において、上記信号処理手段は、基準刺激として周波数及び振幅を上記圧覚・触覚呈示デバイスに発生させる基準信号発生ステップと、この基準信号発生ステップによる上記基準刺激に対して上記圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の応答を入力する知覚応答入力ステップと、上記基準信号発生ステップと知覚応答入力ステップとによって得られる上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態を格納する初期設定ステップと、この初期設定ステップにより格納された上記周波数及び振幅に対する上記被呈示者の知覚の状態に応じて、上記被呈示者が同一の知覚の強さを呈する振動の周波数と振幅の組み合わせに相当する等感度曲線を導出し、この等感度曲線に基づいた上記駆動信号生成関数を作成する演算ステップとを具備することを特徴とする圧覚・触覚伝達方法。

【0092】このような圧覚・触覚伝達方法によれば、上記基準信号発生ステップにより基準刺激を圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者に発生し、上記知覚応答入力ステップによりその際の被呈示者からの刺激知覚の回答が入力される。これら上記基準信号発生ステップと知覚応答入力ステップとから、知覚応答入力ステップにより基準刺激としての周波数及び振幅と知覚との関係(周波数・振幅-知覚データ)が格納される。さらに、演算ステップにより上記圧覚・触覚センサの出力信号を、人間の振動知覚に関する等感度曲線に当てはめて、圧覚・触覚呈示デバイスの駆動周波数信号が生成される。

【0093】これにより、初期設定時に基準刺激を発生させ、その知覚の有無によって、振動知覚における個人的なばらつきを補正することができるため、圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の知覚特性にあった刺激呈示を行うことが可能となる。さらに、上記基準信号発生ステップにより発生された刺激の知覚の認識度合から、圧覚・触覚呈示デバイスの被呈示者の刺激知覚の個人的な差を補正し、確実に被呈示者に刺激を伝達することがで

き、より人間の知覚変化に基づいた最適な刺激強度変化を実現することができる。

【0094】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、対象物との接触状況を検出する圧覚・触覚センサの出力信号の変化を、人間の知覚変化に合った形の刺激の変化として出力することができる圧覚・触覚伝達装置及び圧覚・触覚伝達方法を提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】実施例の圧覚・触覚伝達装置の構成を示す図である。

【図2】実施例の圧覚・触覚伝達装置の機能展開図である。

【図3】初期設定部20での処理内容を示すフローチャートである。

【図4】発生刺激自動設定部30での処理内容を示すフローチャートである。

【図5】等感度曲線の一例を示す図である。

20 【図6】信号処理部10での処理内容を示すフローチャートである。

【図7】発生刺激自動設定部30での処理にてFile B、Cに保存された各駆動信号生成関数のパラメータ変更の処理を示すフローチャートである。

【図8】従来技術の顕微鏡に用いられるマイクロマニピュレータを示す図である。

【図9】従来技術のロボットのマニピュレータシステムを示す図である。

【図10】従来技術の医療用の把持鉗子を示す図である。

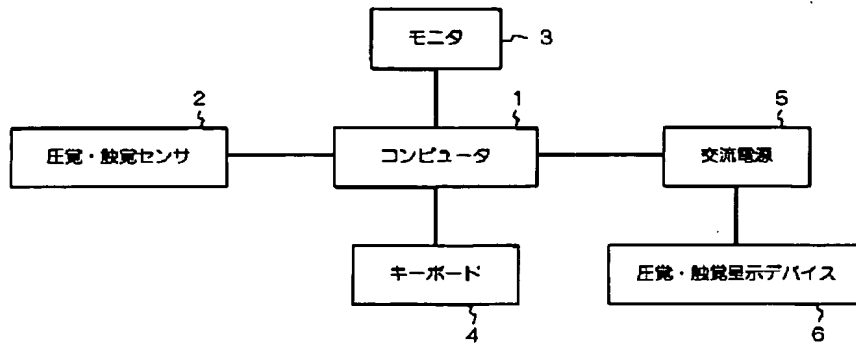
30 【図11】従来技術の内視鏡の挿入状況を示す図である。

【図12】本出願人により先に出願されている触覚伝達装置を説明するための図である。

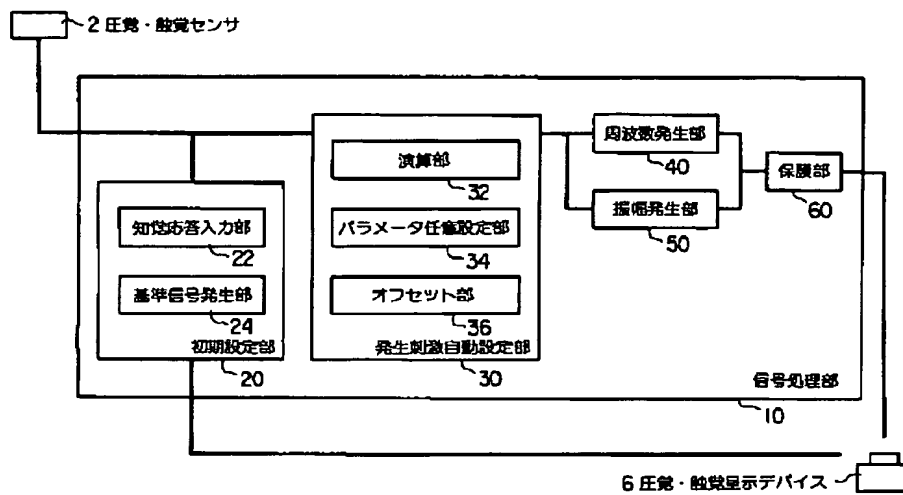
【符号の説明】

1…コンピュータ、2…圧覚・触覚センサ、3…モニタ、4…キーボード、5…交流電源、6…圧覚・触覚呈示デバイス、10…信号処理部、20…初期設定部、22…知覚応答入力部、24…基準信号発生部、30…発生刺激自動設定部、32…演算部、34…パラメータ任意設定部、36…オフセット部、40…周波数発生部、50…振幅発生部、60…保護部。

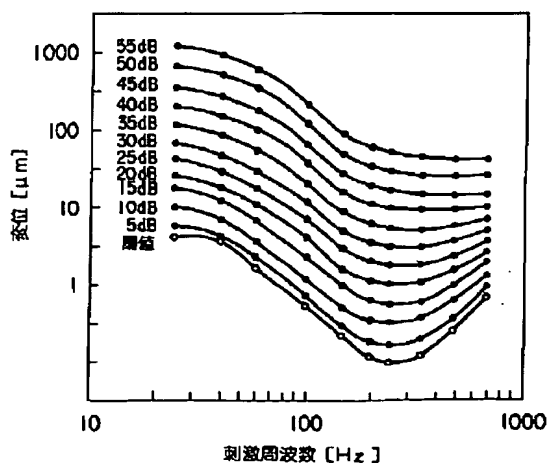
【図1】



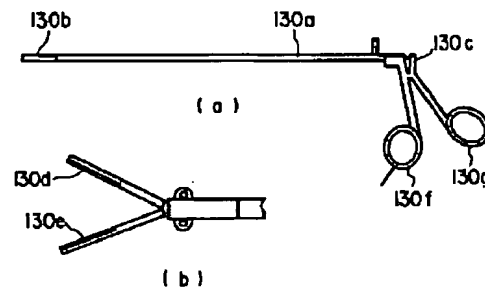
【図2】



【図5】

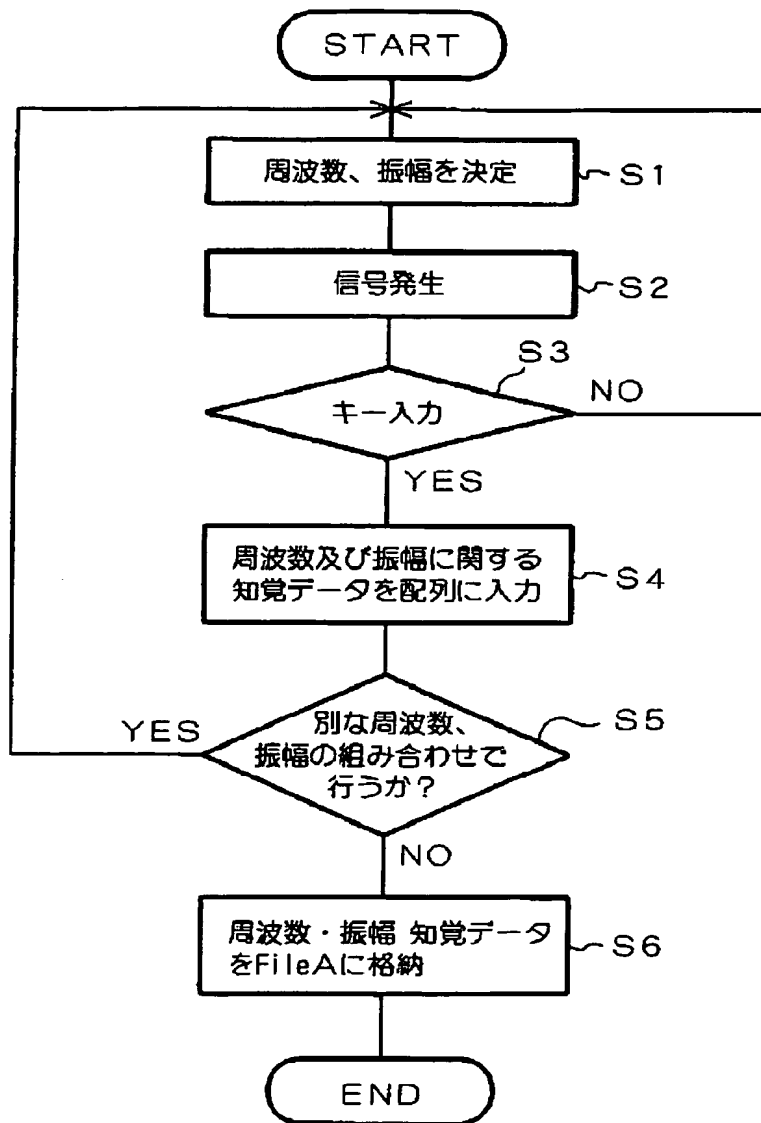


【図10】

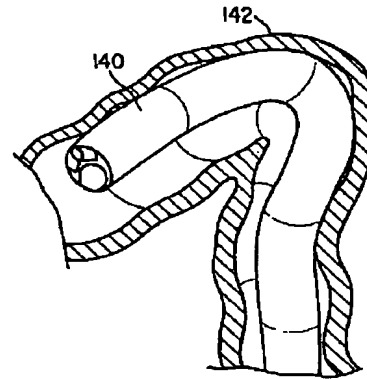


BEST AVAILABLE COPY

【図3】

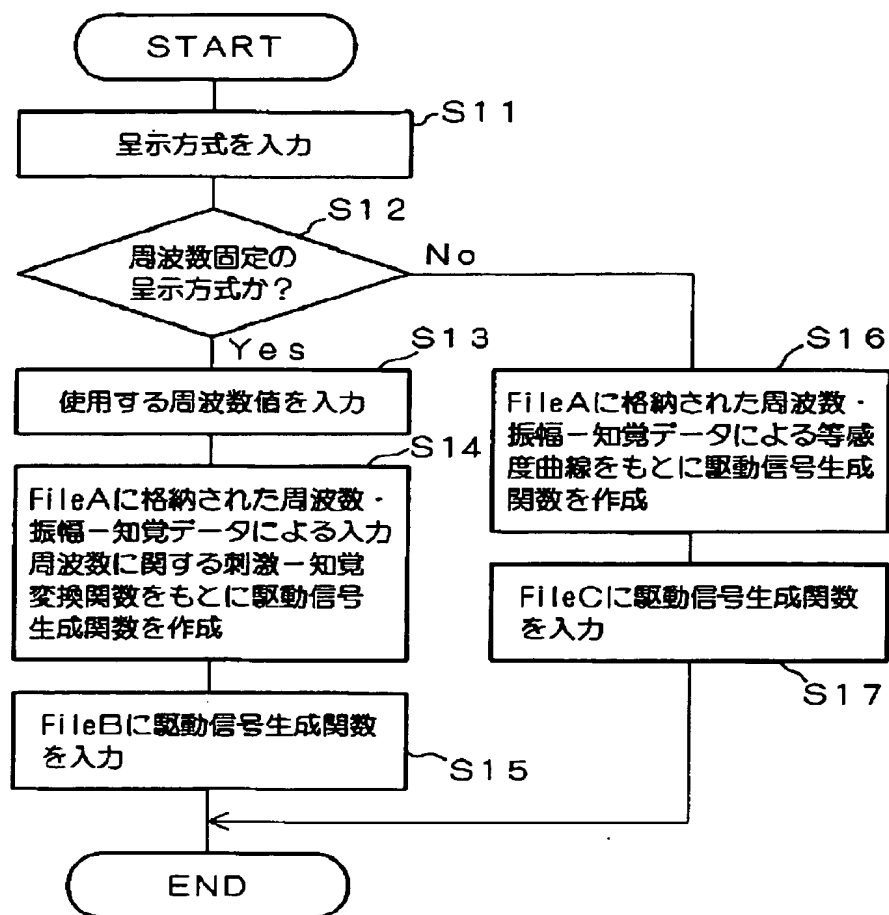


【図11】

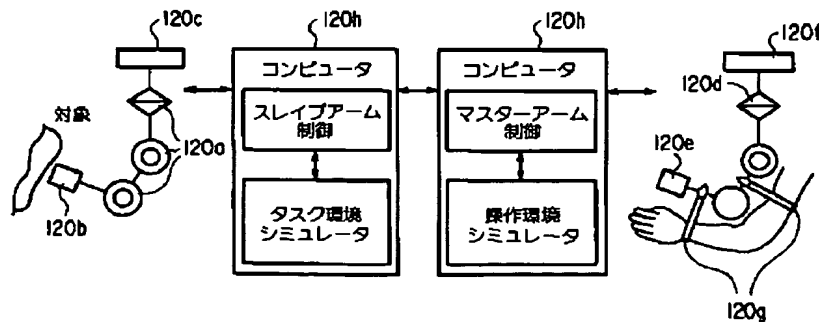


BEST AVAILABLE COPY

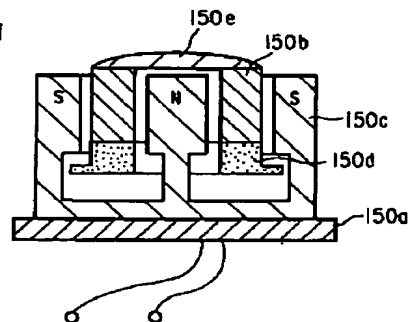
【図4】



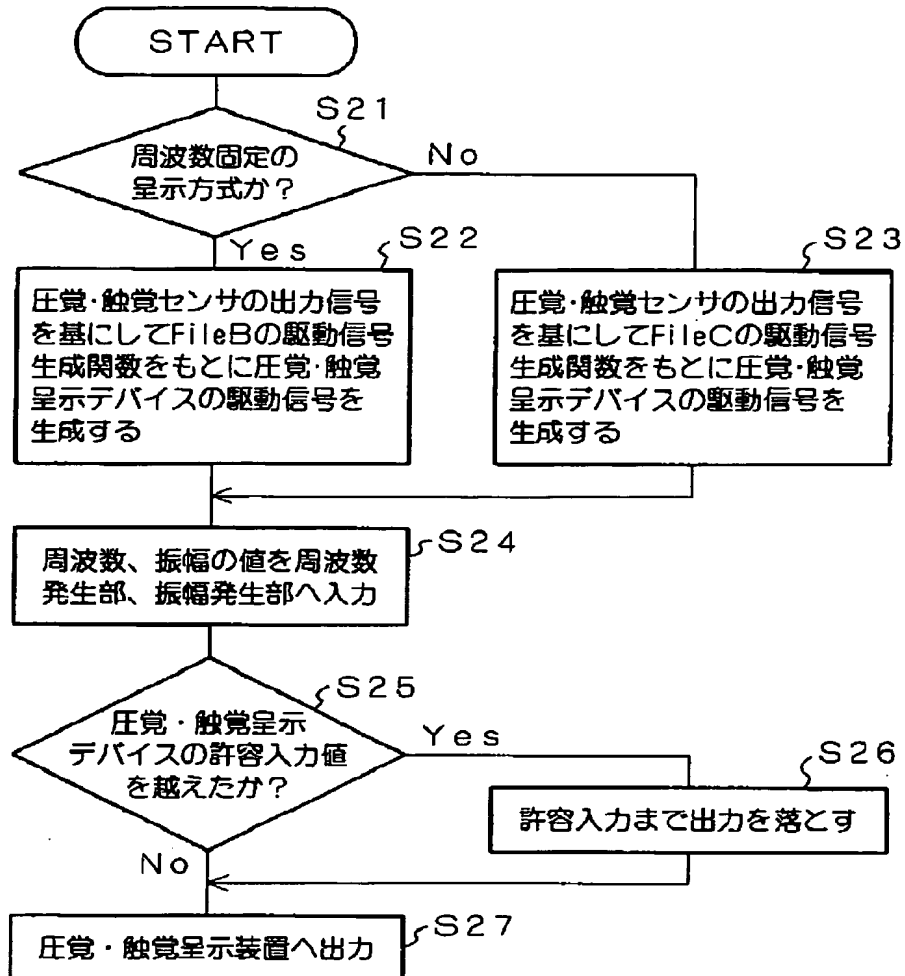
【図9】



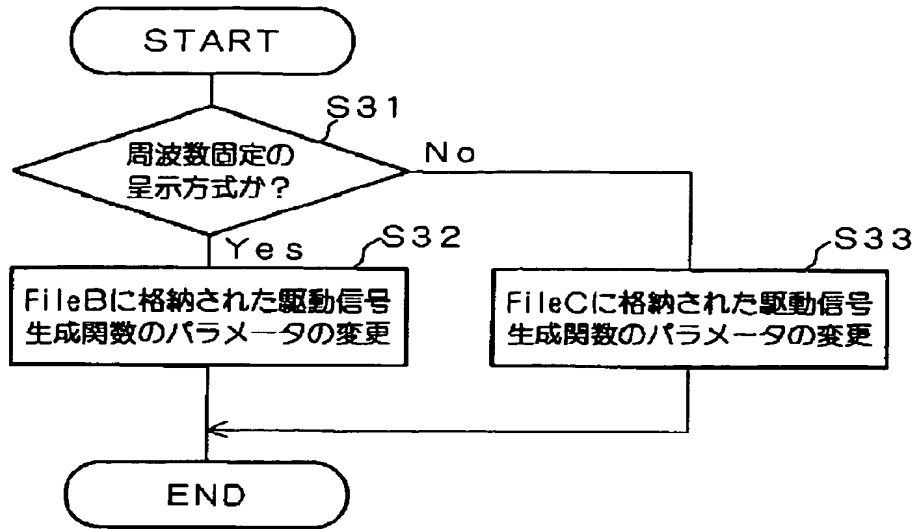
【図12】



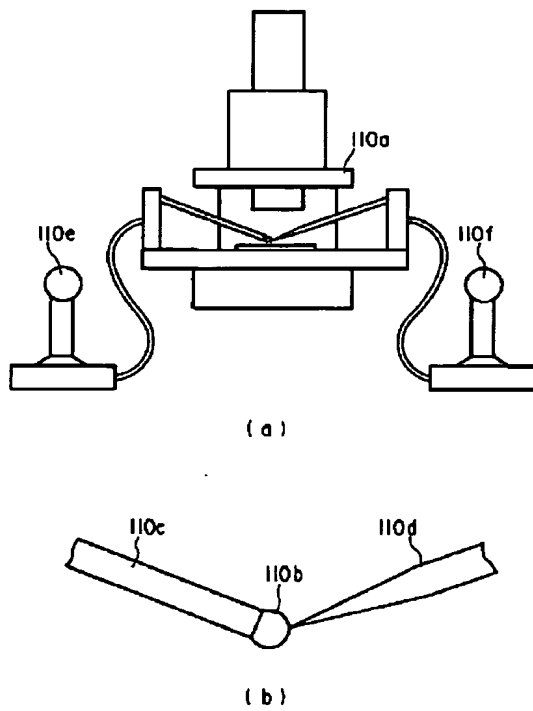
【図6】



【図7】



【図8】



BEST AVAILABLE COPY